

Динамика

§4. Закон инерции. Состояние в механике

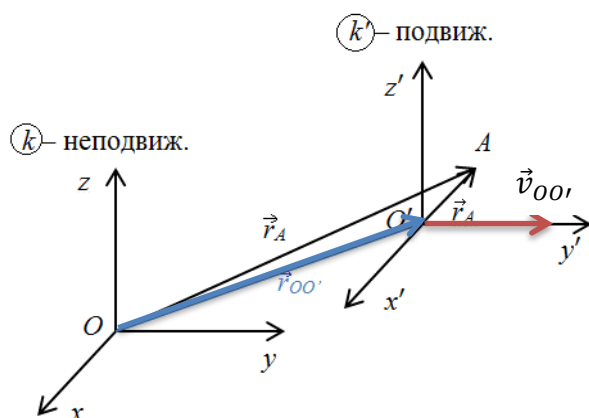
Динамика – раздел механики, изучающий законы движения тел.

В кинематике, где речь идёт только об описании движений, никакой принципиальной разницы между различными системами отсчёта нет, и все они равноправны по отношению к друг другу.

С помощью математических преобразований можно осуществить переход от одной системы к другой.

Пусть k – неподвижная система координат, k' – система координат, движущаяся с постоянной скоростью $\vec{v}_{OO'}$, относительно k – системы.

Преобразования Галилея:



$$\vec{r}_A = \vec{r}_{OO'} + \vec{r}'_A.$$

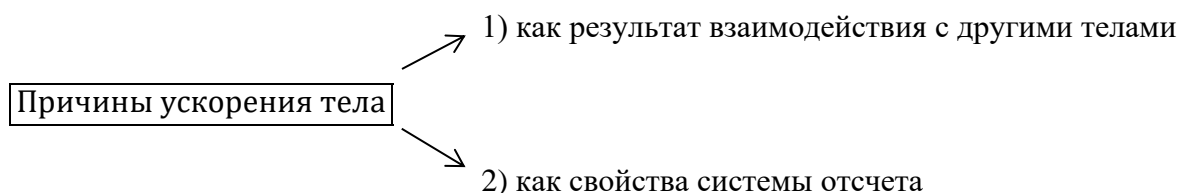
дифференцируем по времени:

$$\vec{v}_A = \vec{v}_{OO'} + \vec{v}'_A.$$

дифференцируем по времени:

$$\vec{a}_A = \vec{a}'_A, \text{ т. к. } \vec{v}_{OO'} = \text{const.}$$

В динамике при изучении законов движения обнаруживается существенное различие между разными системами отсчёта и преимущества одного класса систем отсчёта над другим.

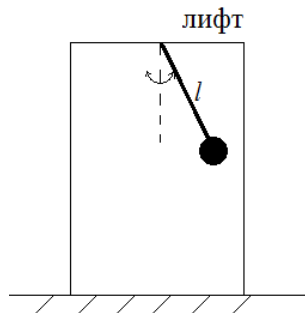


Пример (1): стол в салоне бизнес-джета, стоящего на взлётной полосе. Планшет, лежавший на столе, движется вверх, поднимаемый рукой пассажира.

Пример (2): стол в салоне бизнес-джета. Во время взлета и посадки планшет и другие предметы, находившиеся на столе, сами скатываются с него, а во время пике – летают по салону.

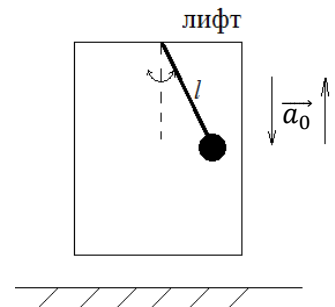
Рассмотрим лифт и математический маятник, прикрепленный к его потолку.

если лифт покоится или движется равномерно:



$$v_{\text{лифт}} = 0$$
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{a}}; a = g.$$

если лифт движется с ускорением:



$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{a}}; a \neq g; \vec{a} = \vec{a}_0 + \vec{g}.$$

Можно предположить, что существует такая система отсчета, в которой ускорение тела будет результатом только взаимодействия его с другими телами. Свободное тело, на которое не действуют никакие другие тела, в такой системе будет двигаться равномерно и прямолинейно, или, по **инерции**. Такая система отсчёта будет называться **инерциальной** (ИСО).

Инерция – это свойство тела сохранять равномерное прямолинейное движение при отсутствии воздействия на него других тел.

I закон Ньютона (закон инерции Галилея - Ньютона): существуют ИСО.

Инерциальная система отсчета (ИСО)

Только опытным путем можно понять система отсчета – инерциальна или нет.

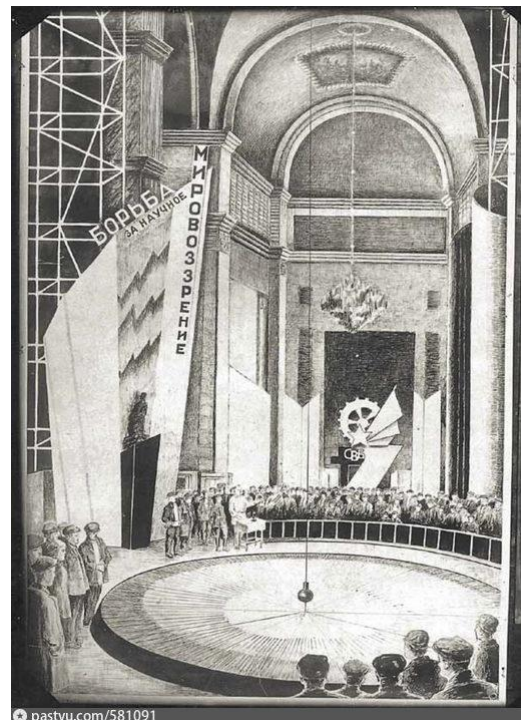
1851 г. – опыт Жана Бернарда Леона Фуко доказал, что Земля – не ИСО.

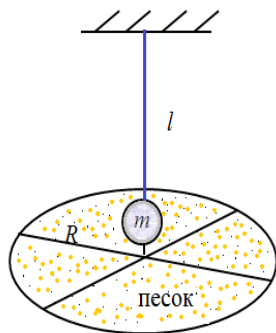
1931 – 1986 гг. – маятник Фуко в Исаакиевском соборе; длина нити – 98 м. (снова с 12 апреля 2019 г.??)

Оригинальная конструкция Жана Фуко.

Исходные данные (1851 г. Пантеон, Париж, Франция): длина стальной проволоки $l = 67$ м, масса металлического шара с наконечником $m = 28$ кг, радиус кругового ограждения $R = 6$ м. За 1 ч плоскость качания маятника смещалась на 11° , за 32 ч совершался полный оборот плоскости качания.

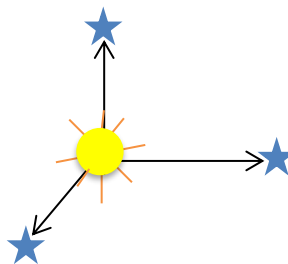
$$T = 16.4 \text{ с}$$





Вывод: движется (меняет плоскость качания) не сам маятник, а песочный круг под ним поворачивается вследствие вращения Земли. Т.е., Земля – НИСО (не ИСО).

Первая ИСО – гелиоцентрическая система отсчёта: Солнце и три «неподвижные» звезды, не лежащие с ним в одной плоскости.



Любая другая система отсчёта, движущаяся равномерно и прямолинейно относительно гелиоцентрической системы, – тоже инерциальная.

Системы отсчёта, движущиеся с ускорением, относительно инерциальных систем (в том числе и вращающиеся) – неинерциальные системы отсчёта (НИСО).

Все физические законы одинаковы (инвариантны) во всех ИСО.

Состояние в механике

Состояние в механике – это совокупность параметров системы, позволяющих однозначно определить движение системы в различные моменты времени.

Ньютон: состояние МТ полностью определяется радиус-вектором и скоростью точки в заданный момент времени.

Для системы МТ

($N = 3$):

\bullet^1
 \bullet^2
 МТ \bullet^3

$\vec{r}_1, \vec{r}_2, \vec{r}_3$

$\vec{v}_1, \vec{v}_2, \vec{v}_3$

t

\bullet \bullet \bullet
 1 2 3

$t + \Delta t$

Состояние системы N МТ задаётся $2N$ числом векторных параметров (реально $6N$, т.к. информация о векторах хранится в виде их проекций):

$$\begin{pmatrix} \vec{r}_1 & \dots & \vec{r}_N \\ \vec{v}_1 & \dots & \vec{v}_N \end{pmatrix} \cong \begin{pmatrix} x_1 & v_{x_1} & \dots & x_N & v_{x_N} \\ y_1 & v_{y_1} & \dots & y_N & v_{y_N} \\ z_1 & v_{z_1} & \dots & z_N & v_{z_N} \end{pmatrix}$$

Остальные характеристики представляют собой уже функции этих состояний.

$$\left. \begin{aligned} \vec{a} &= \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2} \\ \vec{v} &= \frac{d\vec{r}}{dt} \end{aligned} \right\| \vec{a} = f(\vec{r}, \vec{v}) - \text{ускорение} - \text{функция состояния.}$$

✦ Задача динамики – выяснить причину ускорения, т.е. найти явный вид этой функции.

Парадокс Аристотеля: почему топор, опущенный с размаха (II), легко раскалывает полено, а топор, приставленный к полenu (I), не оставляет на нём даже зарубки.

